

波浪底摩擦力对重砂富集的影响——以鲁南近岸区为例*

金秉福

(烟台师范学院地理系 264025)

提要 根据浅水波浪的底摩擦效应,对鲁南灵山湾和石臼~岚山镇近岸区进行了波浪的海底摩擦力计算。波浪的海底摩擦力等值图与已知滨海锆石砂矿资料对比表明,底摩擦力大于 0.18 N/m^2 的动力分选区有利于重矿物砂富集。据此,进一步预测了鲁南近岸带的砂矿富集区。

关键词 波浪底摩擦力,重砂富集,鲁南近岸区

* 滨海环境中的波浪塑造了海滩剖面,搬运沉积物使底形发生改变,并造成沉积物分选,导致了重砂矿物的富集。本文试就鲁南近岸区波浪的海底摩擦力计算结果,从动力学的角度预测滨海砂矿赋存的海区。

1 浅水波浪的底摩擦效应和计算

* 本文是在林振宏教授指导下完成的硕士研究生论文的一部分;波浪底摩擦力电算得到张琦老师的帮助,在此一并致谢!
收稿日期:1996年11月12日

波浪由深水向浅水区传播时,波形和波要素发生变化。海底摩擦是导致波浪能量损耗、波高衰减的重要原因,其大小直接影响底质沉积物的粒度配级和重矿物的丰度。

底摩擦力 τ_0 依 Putnam-T ohnson 实验有

$$\tau_0 = f\rho U_b \quad (1)$$

式中 f 为底摩擦系数,取 $f = 0.05$, U_b 是海底水质点的水平流速。

依小振幅波动理论有

$$U_b = wH/2 \operatorname{sh} Kh \cdot \cos(Kx - \omega t) \quad (2)$$

式中 ω 是波动圆频率, K 是波数。

矿物颗粒的临界切应力 τ_c 依 Slingerland(1977, 1984)。

$$\tau_c = 0.00515(\rho_s - \rho)gD^{0.568}[\tan 61.5(\frac{D}{K})^{-0.3}] \quad (3)$$

式中 ρ_s 和 ρ 分别为矿物颗粒和流体的密度, D 是矿物颗粒直径, K 是底质粗糙度, g 为重力加速度^[1]。

当 $\tau_0 > \tau_c$ 时,海底沉积物发生运动,矿物颗粒便产生分选。根据张海启对山东褚岛砂矿的研究,矿物颗粒临界切应力 τ_c 在 $0.640 \sim 0.015 \text{ N/m}^2$ 之间变化,随着密度增大,颗粒变细,其 τ_c 愈来愈大^①。

在鲁南灵山湾和石臼~ 岚山镇近岸区(水深 $0 \sim 20 \text{ m}$),按 500 m 网格点取水深数据 5000 多个,作为波浪底摩擦力计算的主要参数。该区向岸浪波向以 E 和 SE 为主,深水波高分别取 $H = 5 \text{ m}$, 2 m , 周期 $T = 5 \text{ s}$ 。相当于起始波浪的大浪和中浪。

计算所得波浪底摩擦力分布图表明,深水区(大于 10 m 水深)的底摩擦切应力(τ_0)等值线与等深线平行。在岬湾区, τ_0 值变化较大而出现高值区和低值区; τ_0 值与水深变化密切相关, τ_0 值和破波水深有很大差别(表 1), 大浪破波线在 -6 m 等深线附近, 中浪的破波水深仅 4 m 左右,在 -8 m 水深以内, τ_0 值为 $0.15 \sim 0.20 \text{ N/m}^2$, 最大可达 0.22 N/m^2 。该区的波浪能量足以起动沉积物,发生轻、重矿物颗粒的分选作用,形成某些重矿物砂的富集区。

2 波浪底摩擦力对重矿物砂富集的影响

2.1 灵山湾近岸区

灵山湾近岸区北起丁家嘴,南到湘子门,东以 -20 m 等深线为界。由波向 E、波高 5 m , 周期 5 s 计算的海底摩擦力(τ_0)分布图(图 1)表明,在 -8 m 水深

以内,出现两个 τ_0 值超过 0.18 N/m^2 的高值区,一个从柏果树至老龙卧以南的水下岸坡区,水深在 7 m 以内;另一个在海崖庄岸外,水深 8 m 左右。在 -10 m 等深线附近 τ_0 值降到 0.1 N/m^2 以下, τ_0 等值线基本上与等深线平行。在 -16 m 等深线以外, τ_0 值均不到 0.02 N/m^2 。计算结果与已有地质资料一致。柏果树是已知的滨海锆石砂矿区,断续延伸到海崖庄以南,长约 12 km , 矿体沿海滩分布并向水下岸坡区延伸。锆石、钛铁矿、磁铁矿和曲晶石等重矿物富集成矿。根据 τ_0 值的分布,该区柏果树~ 大港口、海崖庄~ 龙门锅岸段 -8 m 水深以浅海域是砂矿富集的可利部位。

表 1 大、中浪海况下不同水深的 τ_0 值

Tab. 1 Data of τ_0 in different depth water in high and medium wave

海区	$\tau_0(\text{N/m}^2)$ (大浪 $H = 5 \text{ m}$, $T = 5 \text{ S}$)					
	水深/波向					
	6 m		8 m		12 m	
	E	ES	E	ES	E	ES
柏果树	0.16	0.20	0.15	0.13	0.06	0.06
海崖庄	0.20	0.22	0.14	0.20	0.08	0.06
石臼湾	0.18	0.20	0.16	0.06	0.05	0.04
东南营	0.22	0.22	0.19	0.18	0.05	0.06
刘家海屋	0.22	0.20	0.18	0.18	0.06	0.06
海区	$\tau_0(\text{N/m}^2)$ (中浪 $H = 2 \text{ m}$, $T = 5 \text{ S}$)					
	水深/波向					
	4 m		6 m		8 m	
	E	ES	E	ES	E	ES
柏果树	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.02
海崖庄	0.06	0.10	0.04	0.06	0.02	0.02
石臼湾	/	0.06	0.04	0.04	0.03	0.02
东南营	0.08	0.06	0.04	0.04	0.03	0.02
刘家海屋	0.04	0.08	0.03	0.04	0.02	0.02

2.2 石臼~ 岚山镇近岸区

该区北起石臼所,南至岚山镇,东到 -20 m 等深线, τ_0 值一般在 $0.06 \sim 0.18 \text{ N/m}^2$ 之间。其中石臼湾、鱼骨庙、呈子和东南营~ 刘家海屋 $6 \sim 7 \text{ m}$ 的浅水区, τ_0 值高达 0.22 N/m^2 (图 2)。在 -10 m 等深线以外, τ_0 值一般都小于 0.05 N/m^2 。

大、中浪在 $-4 \sim -6 \text{ m}$ 水深处开始破碎,底摩擦力 τ_0 值达到最大值,高能量的分选作用使底质沉积物的粒度变粗,重矿物的含量增高、富集;在 $-6 \sim -$

① 张海启,1989,海滩砂矿富集的动力沉积规律,硕士研究生毕业论文。

10 m 水深区 τ_0 值虽还较高 ($< 0.15 \text{ N/m}^2$), 底质粒度相应变细, 重矿物含量渐趋减少; 在 -10 m 等深线以外, τ_0 值小于 0.06 N/m^2 , 波浪对底质的作用力已十分微弱, 重矿物含量很低。

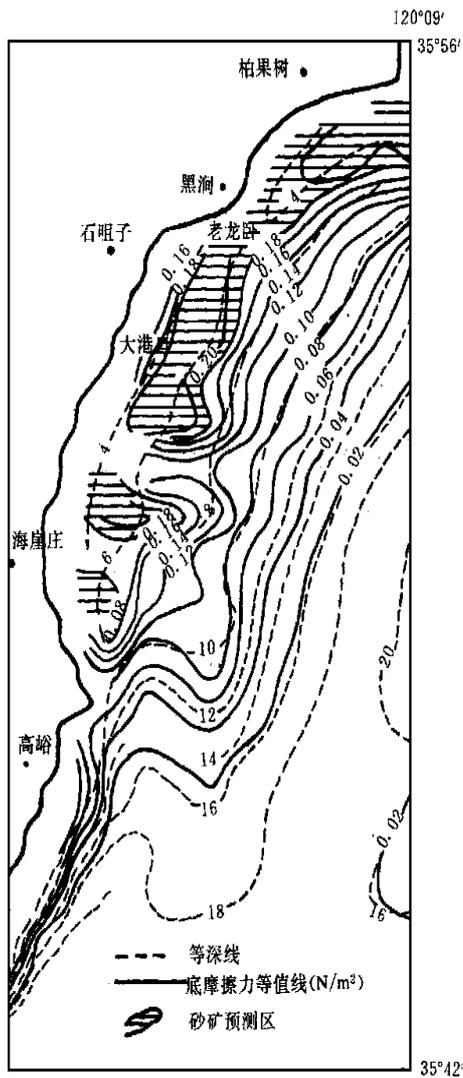


图1 灵山湾近岸海区波浪底摩擦力分布
(波高 5 m, 周期 5 s, 波向 E)

Fig. 1 Distribution of the bottom friction force of water in Lingshan Bay nearshore areas
($H = 5 \text{ m}$, $T = 5 \text{ s}$, direction of wave E)

取样分析表明, 石臼~ 岚山镇近岸区的底质类型分布, 重矿物富集和锆石-钛铁矿-石榴子石异常区的分布, 可以由 τ_0 值分布图得到满意的解释^[2,3]。

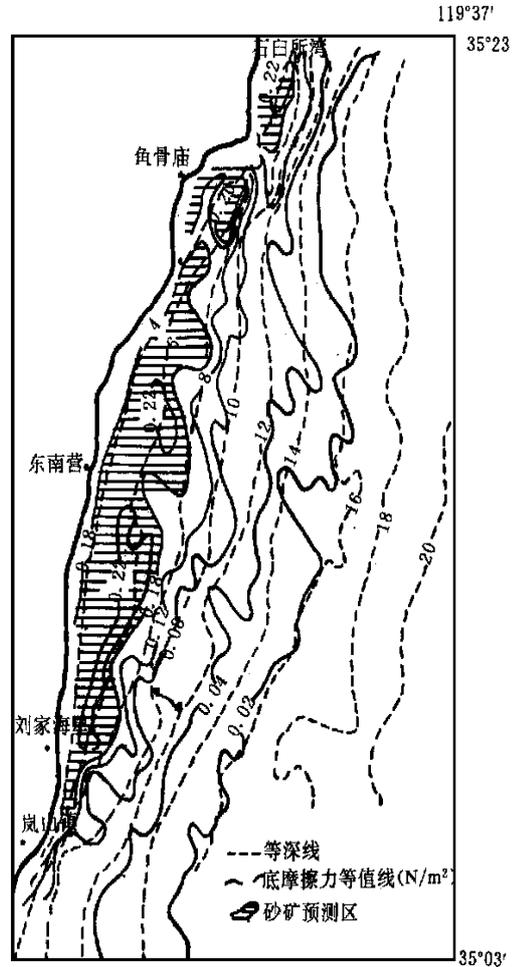


图2 石臼所~ 岚山镇近岸海区波浪底摩擦力分布

波高 5 m, 周期 5 s, 波向 ES

Fig. 2 Distribution of the bottom friction force of wave in shijiusuo-Lanshantou nearshore areas
($H = 5 \text{ m}$, $T = 5 \text{ s}$, direction of wave ES)

3 结论

3.1 以波浪作用为主的砂砾质岸段, 在成矿物质来源充足的条件下, 波浪的底摩擦力计算结果可

以解释滨海砂矿形成的动力学机制, 有效地预测重砂矿物富集区。

3.2 根据鲁南灵山湾和石臼~ 岚山镇近岸区 E 和 ES 向大、中浪计算结果可知, τ_0 等值线在- 8 m 水深以内的水下岸坡区, 因受海底地形的影响较大, 与等深线不相一致, 局部海区图式复杂, τ_0 值高达 0.22 N/m²; 但- 10 m 水深以外, τ_0 等值线则与等深线平行, τ_0 值小于 0.10 N/m²。大浪对本区砂矿富集作用具有重要意义。

3.3 沿岸海滩已知砂矿体分布和 τ_0 高值区分布的一致性表明, $\tau_0 = 0.18 \text{ N/m}^2$ 可以作为该区滨海砂矿富集程度的动力环境判断标准, 依此可推断柏

果树和海崖庄的锆石砂矿体可能延伸到- 8 m 水深以外的岸坡区; 石臼~ 岚山镇近岸带的石臼所、鱼骨庙、东南营和刘家海屋海区是预测锆石-钛铁矿-石榴子石砂矿的富集区。

参考文献

- [1] 蒋德才等, 1988. 青岛海洋大学学报 18(2): 1~ 8.
- [2] 吕亚男, 1982. 山东海洋学院学报 12(3): 43~ 52.
- [3] 林振宏等, 1981. 海洋与湖沼论文集. 科学出版社, 92 ~ 104.

EFFECT OF THE BOTTOM FRICTION FORCE OF SHALLOW WATER WAVE ON THE ENRICHMENT OF HEAVY MINERAL SANDS IN THE NEARSHORE ZONE OF SOUTHERN SHANDONG PROVINCE

Jin Bingfu

(Yantai Normal College, 264025)

Received: Nov. 12, 1996

Key Words: Bottom friction force, Enrichment of heavy mineral sands, Nearshore zone of Southern Shandong Province

Abstract

According to bottom friction effect of shallow water wave, the bottom friction force of the waves have been computed in Lingshan Bay and Shijiusuo-Lanshantou nearshore areas. The isogram of the bottom friction force are compared with the data of littoral zircon placer, it shows that the heavy minerals were concentrated in the hydrodynamic sorting areas where bottom friction force are more than 0.18 N/m². Further, prospecting areas of the littoral placer deposit have been predicted in the nearshore zone, Southern Shandong Province.